

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2012230259

UDC_____

廈門大學

工 程 碩 士 學 位 論 文

基于BD2基带芯片的接收机软件设计与实现

Design and Implementation of Software for Receiver Based
on Chip BD2

余卫平

指 导 教 师: 李 贵 林 副 教 授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2014 年 9 月

论文答辩日期: 2014 年 10 月

学位授予日期: 年 月

指 导 教 师: _____

答辩委员会主席: _____

2014 年 9 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于

年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

我国独立自主建立的卫星导航系统：北斗一号（BD1）和北斗二号（BD2）已经进入高速发展时期，在国防、水利、通信和抢险救援等领域已经发挥了重要的作用，但是作为后面发展的卫星导航系统如何能够后来居上，在市场上占有一席之地，需要在系统的应用上多做工作。

本文通过对国产卫星导航基带芯片的使用和研究，设计了一款结合北斗 RDSS(Radio Determination Satellite Service)和北斗 RNSS(Radio Navigation Satellite System)的接收机，重点研究了如何设计接收机的控制软件。根据项目中要求的用户接收机功能，该系统基于 LPC3250 系统板， μ C/OS-II 操作系统，ADS1.2 集成开发环境，根据嵌入式系统中多任务的设计原则，通过改变任务的优先级，采用信号量等任务间的通信手段，实现了接收机中多个任务间的合理调度。

项目结束后，通过集成用户接收机的软硬件，并进行了调试和验证，最终证实：系统性能可靠，设计的主要功能指标完全满足了项目设计的要求。

关键词：北斗用户接收机； μ C/OS-II；多任务；导航基带芯片

Abstract

BD1 and BD2 satellite navigation and positioning system is established independently by China, and it's very important to the fields of the national economic construction. As the development of satellite navigation systems behind, how we can come from behind, and how we can make a place in the market, what we need to do should be doing more work on the application of BD satellite navigation and positioning system.

Based on the research of domestic satellite navigation baseband chip, we designed a receiver which is a combination of BDS-RNSS(Radio Navigation Satellite System) and BDS-RDSS(Radio Determination Satellite Service), and the main work is research on the design of control software. In accordance with the design requirements of BD user receiver, the new system is based on the ARM926EJ-S LPC3250 system board, μ C/OS-II operating system, ADS1.2 integrated development environment. In accordance with the design principles of multi-tasking, by modifying the priority of tasks, use semaphores and message queues and other means of communication between tasks, realize reasonable dispatch between tasks.

Finally, the integration of the user receiver, validation confirmed: the design of control software works good, reliable performance, the indicators are designed to meet the requirements.

Key Words: BD User Receiver; UC/OS-II; Multi-tasking; Satellite Navigation Baseband Chip

目 录	
第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 卫星导航系统简介.....	1
1.2.1 GPS 定位系统	1
1.2.2 GLONASS 定位系统	2
1.2.3 Galileo 定位系统	3
1.2.4 BDS 定位系统	4
1.3 研究背景及现实意义.....	4
1.4 论文内容安排.....	5
第二章 接收机软件平台需求分析.....	7
2.1 系统基本特点.....	7
2.2 功能需求描述.....	7
2.3 非功能需求描述.....	8
2.4 本章小结.....	8
第三章 接收机软件平台整体设计简介.....	9
3.1 硬件平台简介.....	9
3.1.1 核心芯片简介.....	9
3.1.2 整体架构.....	10
3.2 嵌入式软件平台.....	10
3.2.1 嵌入式操作系统.....	11
3.2.2 μ C/OS-II 简介	11
3.3 开发环境.....	13
3.4 软件总体任务设计.....	14
3.5 本章小结.....	15
第四章 接收机平台软件实现概述.....	16
4.1 整体概述.....	16

4.2 任务设计.....	16
4.2.1 任务函数的结构.....	16
4.2.2 优先级安排原则.....	18
4.2.3 任务的数据结构设计.....	20
4.2.4 任务的代码设计过程.....	20
4.3 主要任务实现介绍.....	21
4.3.1 系统初始化.....	21
4.3.2 基带芯片中断服务程序.....	24
4.3.3 串口收发通信任务.....	25
4.3.4 数据解算处理任务.....	30
4.3.5 卫星捕获处理任务.....	39
4.3.6 RDSS 数据服务任务.....	41
4.4 本章小结.....	47
第五章 系统测试	48
5.1 系统测试.....	48
5.2 本章小结.....	53
第六章 总结与展望	54
6.1 开发总结.....	54
6.2 展望	54
参考文献	55
致谢	57

Contents

Chapter 1 Preface.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Satellite Navigation System Introduction	1
1.2.1 GPS System	1
1.2.2 GLONASS System	2
1.2.3 Galileo System	3
1.2.4 BDS System	4
1.3 Research Background and Significance.....	4
1.4 Arrangements of Content Thesis.....	5
Chapter 2 System Requirements Analysis	7
2.1 Basic System Features	7
2.2 Functional Requirements	7
2.3 Non-functional Performance Requirements Analysis	8
2.4 Summary of the Chapter.....	8
Chapter 3 Introduction to the Overall Design	9
3.1 Introduction to the Hardware Platform	9
3.1.1 Introduction to Core Chip	9
3.1.2 Overall Architecture.....	10
3.2 Embedded Software Platform	10
3.2.1 Embedded Operating System.....	11
3.2.2 Introduction to μ C/OS-II.....	11
3.3 Development Environment	13
3.4 Relationship of Tasks	14
3.5 Summary of the Chapter.....	15
Chapter 4 Introduction to the Implement	16
4.1 Overall Overview	16
4.2 Task Design	16

4.2.1 Structure of the Task Function	16
4.2.2 The Principle of Priority Arrangements	18
4.2.3 Data Structure of Designing Tasks.....	20
4.2.4 Design Process of Coding	20
4.3 Introduction of Main Task implement	21
4.3.1 Initialization of System	21
4.3.2 Interrupt Service Routine	24
4.3.3 Serial Port to Receive Communication Task	25
4.3.4 Data Processing Tasks.....	30
4.3.5 Satellite Capture Processing Tasks	39
4.3.6 RDSS Data Service Tasks.....	41
4.4 Summary of the Chapter	47
Chapter 5 System Testing.....	48
5.1 System Testing	48
5.2 Summary of the Chapter	53
Chapter 6 Assessment and Future Prospects	54
6.1 Assessment	54
6.2 Future Prospect	54
References	55
Acknowledgements	57

第一章 绪论

1.1 引言

导航是“使运载体或人员从一个地方到另一个地方的科学”^[1]，在现实生活中，我们每个人都可能要用到某种形式的导航。小到个人通过路标、地图找到某个陌生的场所，大到飞机、轮船通过导航系统准确到达目的地。现今导航技术已经渗透到了我们生活的方方面面，起的作用也越来越大。

卫星导航系统作为国家重要的空间基础设施^[2]，集合了多种平台，是一个能提供多种综合信息服务的系统，可以为国家和社会的经济建设带来巨大的效益。人类利用大自然的各种事物进行定位和导航已经拥有悠久的历史，而在 19 世纪后半期，有人想到在天空建造人造天体用于导航，可是直到 20 世纪才由美国提出，设计和建造全球卫星导航系统，并最终在 1995 年初实现了全运行能力。GPS 卫星导航系统的出现，彻底改变了人类对时空的认识，并深入人类社会的方方面面，带动了一系列相关的产业发展。

1.2 卫星导航系统简介

1.2.1 GPS 定位系统

GPS 的前身是子午仪 (Transit)^[3]，但是因为子午仪的先天缺陷，定位时间很长而且定位精度差，日益无法满足美军的需要，从 20 世纪 70 年代开始，美军开始联合研制全球卫星定位系统 GPS，终于经过三个研制阶段，历经 20 余年和花费 300 亿美元，最终在 1994 年完成覆盖全球的 GPS 卫星星座建设。

GPS 卫星导航定位系统，主要由三大部分组成：（1）太空中的卫星星座—Space Segment；（2）地球地面上的监控站—Control Segment；（3）大量用户使用的设备—User Segment。^[4]

1、太空中的卫星星座：GPS 卫星总共有 24 颗卫星，均匀分布在 6 个轨道面上。这些卫星轨道面倾角为 55° ，其中卫星距离地球表面的高度为 两万多公里，运行周期为 11 小时 58 分^[5]，卫星这样分布方式的好处在于，虽然每天会提前 4 分钟出现，但是能够使得相同观测站上每天出现相同的卫星分布图，并且保证了在地球上任何地点和时间都可以观测到最少 4 颗，最多 11 颗卫星。空间段卫星

会通过星载高精度时钟为导航系统提供精密时钟基准,当接收和保存从地面监控站发来的导航信息后,按照标准的电文格式组帧,最后通过星上的天线朝用户广播出导航和定位信息等^[6]。

2、地面监控部分: 分布于全球的多个地面跟踪站组成了 GPS 定位系统的监控系统,这些跟踪站的主要作用就是根据监控的卫星数据,计算出卫星的星历和钟差等改正参数,然后把这些数据上传到 GPS 卫星中对用户广播。同时,跟踪站还可以对卫星进行调度和控制,随时指挥备份卫星替换故障卫星。

3、用户设备部分: GPS 接收机就是用户设备,主要功能是通过设备内的天线单元和接收单元跟踪 GPS 卫星的运行,当 GPS 接收机捕获并跟踪到卫星信号后,按照公开的 ICD 文件中的标准导航电文格式,解调出卫星轨道信息。根据这些提取的卫星电文信息,接收机即可按定位解算算法计算出接收机天线到卫星的伪距信息,以及当前用户接收机所在的 PVT 信息。随着电子信息技术的飞速发展,接收机体积越来越小,性能越来越强,但基本结构都是电源、硬件和机内软件。电源部分一般有两种方式: 机内和机外两种 DC 电源,内置电源使用电池,目的是为了在更换机外电源时能保证观测不中断,而当有机外电源时,电池开始自动充电,如此即使关机后, RAM 仍然有电,存储的数据也就不会丢失。在技术的发展下,接收机的种类也多种多样,对于普通消费者而言,因为价格的原因,一般购买的都是单频接收机。

GPS 采用码分多址 (CDMA) 技术,每颗卫星都有发射两种载波: L1 和 L2 载波,其中 L1 载波的频率为 1575.42MHz, L2 载波的频率 1227.60MHz。1.023MHz 的粗捕获码 (C/A 码) 只被调制在 L1 载波上,而 10.23MHz 的精码 (P 码) 和导航电文在 L1 载波和 L2 载波上均有调制。

1.2.2 GLONASS 定位系统

GLONASS 由前苏联设计和建设,从 20 世纪 80 年代到 90 年代的十几年间, GLONASS 虽历经周折,但是一直没有停止系统的完善。经过多次的卫星补射和系统的调试、检验,最终在 1996 年 1 月 18 日, GLONASS 开始进入完全运行状态。

1、卫星星座

GLONASS 卫星星座的轨道为三个等间隔椭圆轨道,这三个轨道上都平均分布

有 8 颗卫星，每颗卫星的高度为 $19.1 \times 10^3 \text{ km}$ ，运行周期为 11.25 个小时，轨道同步周期 17 天。GLONASS 采用的是频分复用技术，向空间发射两种载波信号。L1 频率为 $1.602 \sim 1.616 \text{ MHz}$ 。L2 频率为 $1.246 \sim 1.256 \text{ MHz}$ 为民用，L2 供军用。

[7][8][9][10]

2、地面控制系统

俄罗斯国土面积横跨欧亚大陆，为地面控制系统提供了有利的地理分布，所以地面站分布于俄罗斯国内。通过监视和控制 GLONASS 的所有卫星，然后将采集的测距数据，经过处理后上传到卫星按照标准电文格式广播给用户。

3、用户设备

GLONASS 与 GPS 的用户设备原理基本一致，都是通过提取观测到的卫星数据，按照一定的导航定位算法计算出接收机的位置、速度和时间信息。GLONASS 的出现有效地削弱了 GPS 对导航定位市场的垄断地位，虽然在精度、成本和可用性上与 GPS 还有差距，但是随着俄罗斯政府资金的不断投入，GLONASS 也越来越成熟完整。

1.2.3 Galileo 定位系统

随着欧盟的兴起，出于政治和军事的目的，欧洲想独立自主的开发出一套全球卫星定位导航系统，减少对美国 GPS 的依赖，提高欧盟的话语权。这时 Galileo 系统的建设提上了议事日程，该系统由欧空局和欧盟发起并提供主要资金支持，并着眼于解决现有的卫星导航系统缺点，进一步拓宽卫星定位导航在各领域中的应用。

将来建成的 Galileo 全球定位系统，空间段由位于中高度轨道的 30 颗卫星构成，分别置于 3 个轨道面，轨道高度为 23616 公里，倾角为 56 度；卫星质量为 625kg，在轨寿命 15 年^[11]。

Galileo 系统设计时考虑到要兼容 GPS 和 GLONASS，即只需要用一台接收机就能同时接收多个卫星导航系统的信号并实现系统的联合定位。Galileo 总结了现有全球定位导航系统的经验，克服了各系统的缺陷，还逐渐增加了本系统的特色：提供全球搜救功能。Galileo 的出现为不平静的导航定位市场再增加了一个新的方向，相信随着欧洲的不断投入，该系统在市场和生活的各个领域将会发挥

更大的作用。

1.2.4 BDS 定位系统

我国从 2000 年开始自主建设“北斗一号”卫星导航系统，同年发射了两颗实验卫星，再此基础上，国内开展了北斗的广泛应用可技术研制，随着技术的成熟，“北斗二号”系统的建设也提上了日程，在 2007 年一颗新的“北斗二号”导航卫星成功发射入轨。

“北斗一号”卫星定位系统由地面控制中心系统、标校系统、空间 3 颗 GEO 卫星和各种功能的用户设备等组成。整个系统的工作流程是：用户接收机同时向空间的两颗“北斗一号”卫星发送入站申请，这两颗卫星响应后，通过卫星转发器发送至地面控制中心，中心系统接收解调出信号，经过验证后，开始根据用户信息的申请内容进行响应的服务处理。但是，因为“北斗一号”卫星导航系统设计的不足，我国在取得第一代卫星导航系统建设成果的基础上，建设第二代全新的卫星导航系统就显得迫在眉睫了，于是“北斗二号”卫星导航系统的建设也就快速开始了实施。

北斗卫星导航系统中文可以简称为北斗系统，英文缩写为 BDS，空间分布有 35 颗卫星，GEO 卫星轨道高度 3 万多公里，MEO 卫星轨道高度 2 万多公里，IGSO 卫星轨道高度也是 3 万多公里。北斗系统的定位精度为 10 米，授时精度是 50 纳秒，测速精度为 0.2 米/秒。^[12]

截止到 2012 年底，北斗系统的在轨工作卫星有 5 颗 GEO 卫星、4 颗 MEO 卫星和 5 颗 IGSO 卫星。系统提供开放服务和授权服务。在未来几年里，中国将陆续往太空发射剩余的组网北斗卫星，计划 2012 年覆盖亚太地区，2020 年扩展为全球卫星导航系统。

1.3 研究背景及现实意义

在民用领域，GPS 以其价格便宜，技术成熟，应用终端产品丰富，已经占有了全球 90% 的市场，并且伴随着 GPS 全球定位系统的建设，国外涌现了一大批在卫星导航定位领域里掌握了核心技术并产业化了的科技巨头；军事应用领域方面，在信息化时代，GPS 组成了各种高技术的武器系统，为美军的指挥控制和现

代化战争提供了力量倍增器，极大提高了美军作战能力。在北斗卫星导航系统未建设以前，我军在高精度武器装备上迫于无奈，部分选择了 GPS 来提高精度，这为战时的应用留下了巨大的隐患。

当前，北斗卫星导航系统正在按照“先区域、后全球，先有源、后无源”的总体规划在稳步实施。国内也掀起了建设北斗产业园，完善北斗产业链的热潮，在国家政策和地方政府的扶持下，研制北斗的公司层出不穷，迅速在产业链的各个领域都有公司涉及。但是因为北斗导航系统复杂，环节众多，作为导航系统的后起之秀，我国企业在整体实力，技术储备上都落后发达国家，所以北斗系统要发展，要从 GPS/GLONASS 等多系统中突围，最重要的就在于应用。

本课题正是开发中的 BD2 用户机的基带板接收机数据控制部分的设计。该型号 BD2 用户机采用上海复控华龙的一款 BD2 基带芯片和 BD1 基带芯片，整体方案围绕该两种基带芯片展开硬件设计和软件设计，用户机能够完成北斗二号定位系统的 B1 频点 C/A 信号的定位功能，同时能支持北斗一号定位系统的短信收发功能，完成适时的位置报告，解决“我在哪，让别人也知道我在哪”的难题，为北斗导航系统的应用又拓展了一个新的领域。本课题主要是针对 BD2 基带芯片设计了嵌入式操作系统在接收机中的任务调度，以及在卫星搜索、电文解析、定位解算和外设交互等功能实现上的软件设计。

1.4 论文内容安排

本文任务主要是围绕使用的 BD2 和 BD1 基带芯片展开控制软件设计，通过对各任务的合理安排，资源协调使用，实现了北斗 RNSS 和北斗 RDSS 两种功能的同时使用，不仅实现了北斗一代的定位、短报文通信的处理，而且完成了北斗二代 RNSS 的实时定位导航测速功能。

本文分为六个章节，每个章节的内容如下安排：

第一章为绪论，首先介绍了现在市场上正在被用户使用的卫星导航系统的发展过程和使用状况，然后简要介绍了本课题的研究背景和现实意义，最后叙述了本文的内容安排。

第二章对系统的功能需求进行了表述。

第三章简要的从整体上介绍了本课题的开发平台和开发环境，包括软件和硬

件平台，并对接收机软件从总体上设计了任务关系。

第四章重点针对本课题的软件部分展开了详细的设计，包括软件实现的理论基础简述，软件实现的过程，各任务的主要功能设计。

第五章是系统测试，根据第四章的软件设计，完成了接收机主要功能的测试。

第六张是总结与展望，对本项课题涉及的工作进行了总结，对课题研究设计的接收机技术存在的不足和未来可完善和扩展的方面进行了展望。

厦门大学博硕士论文摘要库

第二章 接收机软件平台需求分析

2.1 系统基本特点

本接收机的软硬件都是围绕导航基带芯片进行设计，硬件接口简单，软件系统的卫星导航定位功能实现是通过芯片每 10ms 一次的中断来驱动完成，当 ARM 响应中断后，进入中断服务程序中，通过地址总线 and 数据总线查询基带芯片的中断寄存器，判断当前是哪个功能模块触发了中断，进而进入对应的功能处理，触发信号量进入相应的任务中，完成位置解算、通道管理、外设接口通信等功能。根据设计要求，接收机工作分为测试和非测试模式，通过标准的串口协议来切换当前的工作状态。

2.2 功能需求描述

接收机主要完成用户机卫星导航定位部分功能的实现，并在性能指标上满足测试系统的要求，从测试大纲的要求来看，主要有以下一些基本功能：

1、接收北斗 RDSS 信号实现定位、短电文通信功能。该功能是集成了北斗一号系统的特点，也是北斗定位系统与 GPS 的最大区别。通过 RDSS 的短电文通信功能可以实现用户机设备之间，用户机设备与中心站之间的通信，并且能够扩展到非常多的应用领域，比如：水利、气象、渔业等等在手机信号覆盖不到的地方，RDSS 的优势非常明显，也是北斗 RDSS 大展身手的重要领域。

2、接收北斗 RNSS 信号实现实时高精度定位导航测速功能。该功能是作为卫星导航定位系统的基本功能，能为用户提供实时的高精度的定位导航测速功能，配合地图即可完成到目的地的在线导航。

3、具有数据接口，完成数据输出输入功能。该功能是接收机最重要的功能之一，是接收机与测试系统、外部设备交互的唯一通道。该功能模块在连接测试系统时，需要正确及时接收测试系统发送的指令，并正确解析，使当前的接收机输出测试系统需要的信息，以完成接收机的各项指标测试；当与外部设备使用时，该功能模块正确输出接收机当前解算的位置时间和速度信息。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库